

COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA PROVINCIA DE VALENCIA UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS

María Desamparados SORIANO SOTO¹, Vicente PONS MARTI², Laura GARCÍA-ESPAÑA SORIANO¹,
Josep LLINARES PALACIOS³

¹*Depto. de Producción Vegetal. Universitat Politècnica de Valencia*

²*Depto. de Edafología. Universitat de Valencia*

³*Depto. de Química. Universitat Politecnica de Valencia*

asoriano@prv.upv.es, laugar@hotmail.es vpons@uv.es, jollipa@quim.upv.es

RESUMEN

Se determina la evapotranspiración potencial por los métodos de Penman, Hargreaves, Turc y Thornthwaite en 29 estaciones la provincia de Valencia, comparando los resultados obtenidos y observando la adecuación de los diferentes métodos para poder ser utilizados en estudios de cálculo de necesidades de agua aplicados a los diferentes cultivos.

Los resultados muestran la división de la provincia en función de los datos de evapotranspiración en diferentes zonas con rangos de valores muy distintos entre ellas; mostrando diferencias estacionales entre áreas y métodos utilizados.

Palabras clave: evapotranspiración potencial, valores máximos, distribución espacial.

ABSTRACT

Potential evapotranspiration is determined by the Penman, Hargreaves, Thornthwaite and Turc methods in 29 stations of the province of Valencia.

The suitability of different methods for calculating water demand of different crops is analysed.

The results show that the Valencia province is divided into different areas of very different evapotranspiration values. Stational differences are observed attending to the station and method used.

Key words: evapotranspiration, maximum value, spatial distribution.

1. INTRODUCCIÓN

Son numerosos los trabajos que comparan diferentes métodos para el cálculo de la evaporación a gran escala por distintos métodos (Beyazgül et al., 2000; Gocic et al., 2010; Hargreaves, et al., 2003). En España estudios locales estiman la evapotranspiración con bastante aproximación, aplicando el método de Hargreaves en áreas del Guadalquivir (Orgaz et al., 2001), indicando este método como uno de los más adecuados por su simplicidad y amplia aceptación. No obstante, no todos los métodos utilizados en el cálculo de la Evapotranspiración Potencial son igualmente precisos; y actualmente la FAO reconoce al método de Penman-Monteith como la herramienta más exacta para la estimación de la evapotranspiración sin restricción de la zona geográfica.

En el presente trabajo se estudian las características climáticas de la provincia de Valencia comparando los valores de evapotranspiración utilizando de 29 estaciones climáticas de la provincia. Para ello se determina la evapotranspiración por los métodos de Penman, Hargreaves, Turc y Thornthwaite para comparar los resultados obtenidos entre ellos y determinar cuáles son los valores más adecuados, para poder utilizar en estudios que necesitan el cálculo de necesidades de agua aplicados a los diferentes cultivos.

El objetivo del trabajo es realizar un estudio básico previo, útil desde diferentes aspectos tanto para el estudio de la distribución de especies vegetales, de la distribución y características de los suelos respecto a propiedades como el contenido en materia orgánica, la cantidad de sales, así como de otros aspectos como estabilidad de la estructura, infiltración y erosionabilidad.

2. METODOLOGÍA

Thornthwaite (1948) realiza el cálculo de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes. El método es muy empleado en la estimación del balance hídrico para Climatología e Hidrología de cuencas (Pons et al., 1985).

Turc (1961) propone calcular la evapotranspiración potencial (mm/mes) para cada mes en función de la radiación solar media diaria de ese mes ($\text{cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$) sobre una superficie horizontal, la temperatura media mensual (°C) y una corrección basada en la humedad relativa media mensual. El método ha dado buenos resultados en España en su aplicación y comparación con el método de Penman, pero presenta la desventaja de requerir el dato de insolación y de humedad relativa, no disponibles en la red termopluviométrica.

El método de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985), utiliza parámetros térmicos y radiación solar, que estima a partir de la radiación solar extraterrestre (datos disponibles en cualquier observatorio termométrico). El método presenta la ventaja de que se puede aplicar en cualquier observatorio con datos de temperatura y que el método da resultados muy correlacionados con los obtenidos con el método de Penman (FAO 56).

En aquellas localidades en las que al tener un observatorio completo se disponga de datos medidos sobre la temperatura, humedad, viento y horas de insolación (o radiación); se sugiere el empleo del método de Penman ya que generalmente proporciona resultados más satisfactorios para predecir los efectos del clima sobre las necesidades de agua en los cultivos. La ecuación de Penman (1948) estima por medio de un modelo físico la evaporación potencial sobre una superficie de agua libre y poco profunda, ETo. La fórmula consta de un término de radiación y de un término aerodinámico.

En este trabajo se han calculado los valores de evapotranspiración aplicando los modelos mencionados a 29 estaciones de la provincia de Valencia (tabla 1).

Estación	Longitud (° ‘)	Latitud (° ‘)	Altitud (m)	Estación	Longitud (° ‘)	Latitud (° ‘)	Altitud (m)
Algemesi	0°26’W	39°11’N	15	Benavites	0°15’W	39°44’N	46
Benifaió	0°25’W	39°17’N	18	Bétera	0°27’W	39°35’N	100
Bolbaite	0°40’W	39°00’N	194	Campo Arcís	1°10’W	39°26’N	634
Carcaixent	0°27’W	39°08’N	39	Carlet	0°31’W	39°14’N	49
Cheste	0°41’W	39°29’N	204	Chulilla	0°53’W	39°39’N	374
Gandía	0°11’W	38°58’N	16	Lliria	0°36’W	39°38’N	149

Estación	Longitud (° ')	Latitud (° ')	Altitud (m)	Estación	Longitud (° ')	Latitud (° ')	Altitud (m)
Llutxent	0°21'W	38°56'N	297	Moncada	0°23'W	39°32'N	41
Montesa	0°39'W	38°57'N	283	Pedralba	0°43'W	39°36'N	200
Picassent	0°27'W	39°22'N	44	Polinya del X.	0°22'W	39°12'N	20
Requena	1°06'W	39°29'N	634	Sagunt	0°16'W	39°41'N	45
Tavernes de Valldigna	0°16'W	39°04'N	16	Turis	0°42'W	39°23'N	280
Villalonga	0°12'W	38°53'N	118	Villanueva	1°09'W	39°43'N	150
Xàtiva	0°31'W	38°59'N	139	Vall D'Uixó	0°14'W	39°49'N	1
Planes	0°20'W	38°47'N	483	Ondara	0°12'E	38°49'N	34

TABLA 1: Localización y altitud de las estaciones climáticas utilizadas en la provincia de Valencia.

3. RESULTADOS

Los resultados nos indican para cada uno de los métodos utilizados para el cálculo, la división de la provincia en función de los datos de evapotranspiración en distintas zonas, con rangos de valores muy distintos entre ellas; mostrando diferencias estacionales entre zonas y métodos utilizados.

Analizando los valores de evapotranspiración obtenidos por el método de Thornthwaite en la provincia de Valencia se obtienen rangos que oscilan desde 730 mm para la estación de Requena hasta 902 mm para la de Tavernes de Valldigna, con valores medios de 852 mm (figura 1).

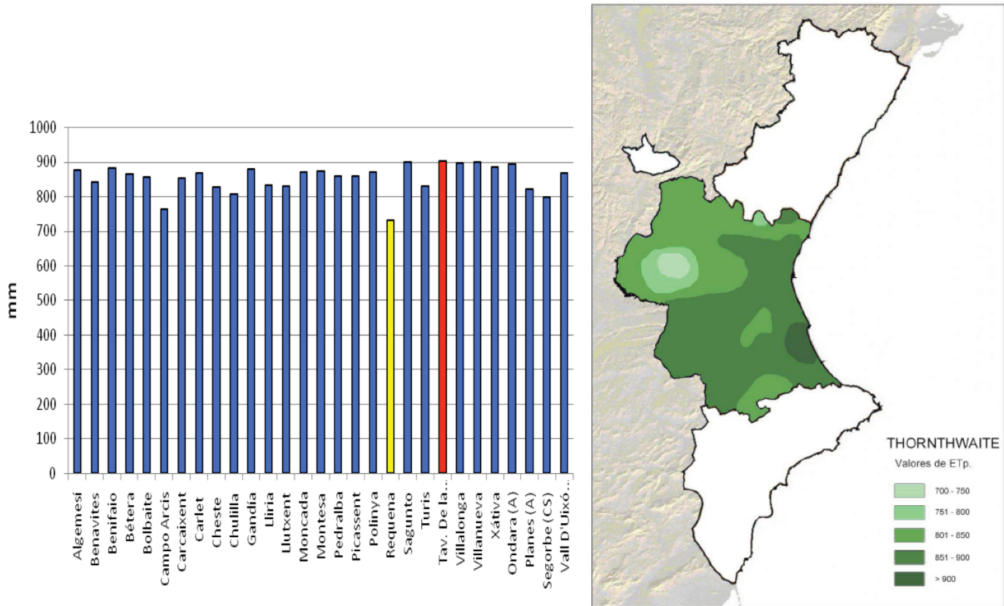


FIG. 1: Valores de evapotranspiración expresados en mm/año (color amarillo: valor mínimo, color rojo: valor máximo) y distribución de rangos utilizando el modelo de Thornthwaite. Escala aprox. 1:200.000.

Realizando el estudio de la distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Thornthwaite, se observa que los valores mas elevados para la totalidad de las estaciones se localizan

en la época estival, siguiendo los valores de la primavera, la estación otoñal y finalmente la invernal. Los valores de evapotranspiración medios según Thornthwaite para la estación primaveral corresponden a 175,6 mm, bastante similares a los del otoño con 193,9 mm, y valores muy bajos para la estación invernal. Los valores de evapotranspiración en verano duplican por diez aproximadamente los del invierno, siendo un poco menos de la mitad los correspondientes de otoño y primavera.

Estudiando esta misma distribución mensual para el modelo de Thornthwaite en función de los rangos de evapotranspiración, y considerando los valores totales obtenidos en todas las estaciones tenemos valores bajos entre los 500 y 600 mm de evapotranspiración en los meses de enero, febrero y diciembre. Los mayores valores son de 4466 y 4151 mm correspondientes a julio y agosto.

Respecto a los resultados mensuales obtenidos por estaciones, en el mes de enero los valores más bajos de evapotranspiración se producen en la estación de Requena con un valor de 10,1 mm, y corresponde a la estación de Tavernes de la Valldigna el valor más elevado para este mes de enero con 24,8 mm de evapotranspiración. En el mes de Julio, es cuando se obtienen los valores más altos de evapotranspiración, y corresponde a la estación de Villanueva el valor más alto (166,4 mm), y los más bajos para este mes corresponden a la estación de Requena (141,7 mm).

En el estudio de los valores anuales de evapotranspiración según Hargreaves los rangos para las diferentes estaciones oscilan entre 1601,9 a 1851,5 mm, con una media anual de 1715 mm (figura 2).

Según los resultados obtenidos los valores anuales más bajos de evapotranspiración corresponden en la provincia de Valencia a la estación de Vall d’Uixo (1601,8 mm) y los más elevados a la estación de Xátiva (1851,6 mm).

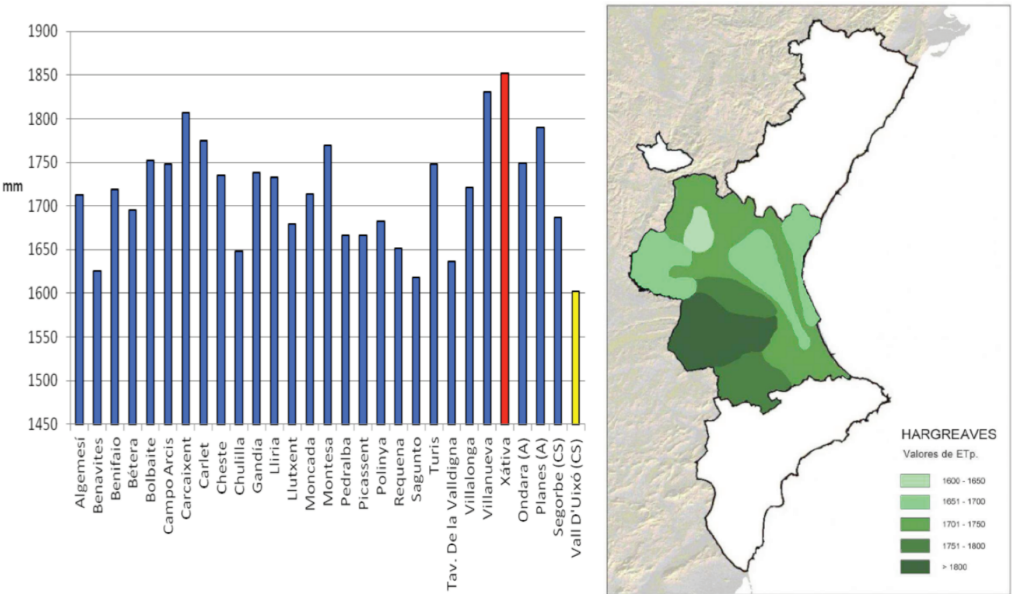


FIG. 2: Valores de evapotranspiración expresados en mm/año (color amarillo: valor mínimo, color rojo: valor máximo) y distribución de rangos utilizando el modelo de Hargreaves. Escala aprox. 1:200.000.

Los valores comprendidos entre los 1600 y 1700 mm tal y como se muestra en la figura 2, agrupan las estaciones de Vall D’Uixó, Sagunto, Benavides, Tavernes de la Valldigna, Chulilla, Requena,

Picasent, Pedralva, Lluchent, Poliña, Segorbe y Bétera, con un área definida en el centro y en la proximidad de la costa valenciana.

Las estaciones de Algemesí, Moncada, Benifaió, Villalonga, Liria, Cheste, Gandía, Turís, Campo Arcís, Ondara, Bolbaite, Montesa, Carlet y Planes, se encuentran en el rango de 1700 a 1800 mm, y se localizan en el área de la Safor, Camp del Turia y en las zonas mas bajas de las proximidades del río Turia.

Las estaciones que se encuentran en el rango superior a 1800 mm de ETP, y se localizan en la comarca de la Ribera, concretamente son las estaciones de Carcaixent, Villanueva y Xátiva. Corresponden a los datos más elevados de ETP calculados por este modelo.

Realizando el estudio de la distribución de los valores estacionales de ETP según Hargreaves (figura 2), se obtiene que los valores de evapotranspiración más elevados según este autor para la totalidad de las estaciones se localizan en la época estival con valores medios de 690,7 mm, y un valor para la suma de estaciones de 1715,6 mm. Los valores intermedios corresponden a la estación otoñal y primaveral (486,2 mm. en primavera y 352,8 mm para el otoño), y tan sólo 185,9 mm en invierno.

Estudiando esta misma distribución por las zonas de estudio realizadas en función de los rangos de ETP, se observa que considerando los valores totales obtenidos en todas las estaciones tenemos valores bajos entre los 500 y 600 mm de evapotranspiración en los meses de enero, febrero y diciembre.

Los valores mas elevados (4466,0 y 4151,0 mm) corresponden a los meses de julio y agosto.

Analizando los valores mensuales de evapotranspiración para las estaciones estudiadas, observamos que los valores medios más elevados se producen en el mes de Julio (243,7 mm) y los más bajos para el mes de diciembre (54,1 mm).

Estudiando los resultados mensualmente y por estaciones, observamos que en el mes de diciembre los valores más bajos de evapotranspiración se producen en la estación de Campo Arcís (46,0 mm), y corresponde a la estación de Ondara el valor más elevado para este mes de enero (58,2 mm). Para el mes de Julio se obtienen los valores más altos de evapotranspiración que corresponden, concretamente, a la estación de Planes (264 mm), y los más bajos corresponden para este mes a la estación de Sagunto (211 mm).

Por este método se obtienen valores más elevados de evapotranspiración que por el método de Thornthwaite, aumentando principalmente en los meses secos y calurosos.

El mapa de isóneas (Figura 2), muestra la distribución de los valores de evapotranspiración extraídos según Hargreaves. Los resultados son coincidentes con los métodos de Thornthwaite, y Turc en la zona de la comarca de la Plana Requena Utiel con valores en el rango entre los 1600 a 1650 mm. Observando dos zonas en las que los valores presentan rangos similares a la zona de Requena Utiel, y corresponden al noreste de la provincia y a la zona de influencia del río Turia, corredor del Turia que va desde la comarca de los Serranos llegando a la comarca de l'Horta.

Los valores más altos de evapotranspiración corresponden a la zona interior del sur de la provincia y se extiende hasta el norte de la provincia de Alicante, con rangos superiores a 1750 mm.

Los valores intermedios (1650-1750 mm) se localizan en la zona central de la provincia de Valencia, y se extiende hasta el sureste de la provincia.

Los valores más elevados de evapotranspiración se obtienen con este modelo. El estudio de los valores anuales de la evapotranspiración según Turc se presentan en la figura 3, y muestran rangos que oscilan entre 1183,5 y 1372,7 mm en las estaciones estudiadas, con un total de 38279,3 mm que corresponde a todo el territorio de la provincia de Valencia.

Según estos resultados los valores más bajos anuales de evapotranspiración corresponden en la provincia a la estación de Requena con 1183,5 mm, resultado que coincide con los obtenidos por el método de Thornthwaite, y los más elevados a la estación de Tavernes de la Valldigna con 1372,7 mm de evapotranspiración anual, estación coincidente también con los resultados para Thornthwaite.

El valor medio de evapotranspiración de la totalidad de estaciones estudiadas según el modelo de Turc es de 1319,9 mm, valor elevado si consideramos el obtenido por Thornthwaite que se encuentra en los 852,2 mm, o más bajo que los 1715 mm obtenidos según Hargreaves.

Son 13 las estaciones que se encuentran por debajo de este valor medio. El rango de valores comprendidos entre los 1183,5 y 1200 mm incluye únicamente a la estación de Requena. Las estaciones de Campo Arcís, Segorbe, Bolbaite, Llutxent y Chulilla, se encuentran en el rango de 1200 a 1300 mm, siendo las estaciones que se encuentran en el rango superior a 1300 mm de evapotranspiración las mayoritarias y corresponden a Planes, Polinya, Cheste, Carcaixent, Benavides, Lliria, Pedralba, Turís, Montesa, Picassent, Villalonga, Gandía, Bétera, Moncada, Carlet, Xàtiva, Villanueva, Algemesí y Vall D'Uixó. Las cuales abarcan gran parte del territorio provincial tanto en la zona de la Ribera, como en las estaciones limítrofes con la provincia de Alicante.

Los datos de evapotranspiración más elevados calculados por este modelo se sitúan alrededor de 1372 mm y corresponden a una única estación que es la de Tavernes de la Valldigna.

La figura 3 muestra las isolíneas de evapotranspiración según Turc. En general, son coincidentes con otros métodos en la zona de la comarca de la Plana Requena Utiel con valores para este autor en el rango de los 1150 a 1250 mm. Los resultados obtenidos según este modelo muestran que la distribución presenta cierta similitud a la obtenida por Thornthwaite, aunque con diferencias en los rangos de evapotranspiración.

De nuevo las zonas con valores más elevados se localizan en la comarca de Ayora-Cofrentes con rangos elevados y superiores a los 1350 mm. La comarca del Comtat presenta valores intermedios y similares a la Comarca del Camp el Turia con rangos de 1300 a 1350 mm de evapotranspiración.

Los resultados obtenidos por este modelo presentan los valores bastante similares a los de Penman sino en la distribución si en los rangos obtenidos.

Realizando el estudio de la distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Turc (figura 3), se observa que los valores de evapotranspiración más elevados según este autor para la totalidad de las estaciones se localizan en la estación estival, siguiéndole la primavera, la estación otoñal y finalmente el invierno. Los valores de evapotranspiración medios para la estación primaveral corresponden a 366,2 mm, bastante inferiores los del otoño con 279,6 mm, y a proporción con valores muy bajos para la estación invernal 136,2 mm. Se puede observar que los valores de evapotranspiración en verano duplican por diez aproximadamente los del invierno, siendo un poco menos de la mitad los correspondientes a primavera y otoño.

Estudiando los resultados mensualmente y por estaciones, observamos que en el mes de enero se obtienen los valores más bajos de evapotranspiración con un valor de 42,8 mm, siendo en el mes de julio donde se originan los valores medios más altos con un valor medio de 192 mm.

Los valores más bajos para el mes de enero se producen en la estación de Sagunto con 48 mm mensuales y el valor más alto para el mes de Julio corresponde a la estación de Polinya (179,5 mm). Observamos que por este método se obtienen valores intermedios de evapotranspiración comparando con los métodos de Thornthwaite y Hargreaves.

Por el método de Penman los rangos de evapotranspiración obtenidos para las diferentes estaciones oscilan de 1090 a 1272 mm, con un total anual de 34597 mm para todo el territorio de la provincia de Valencia.

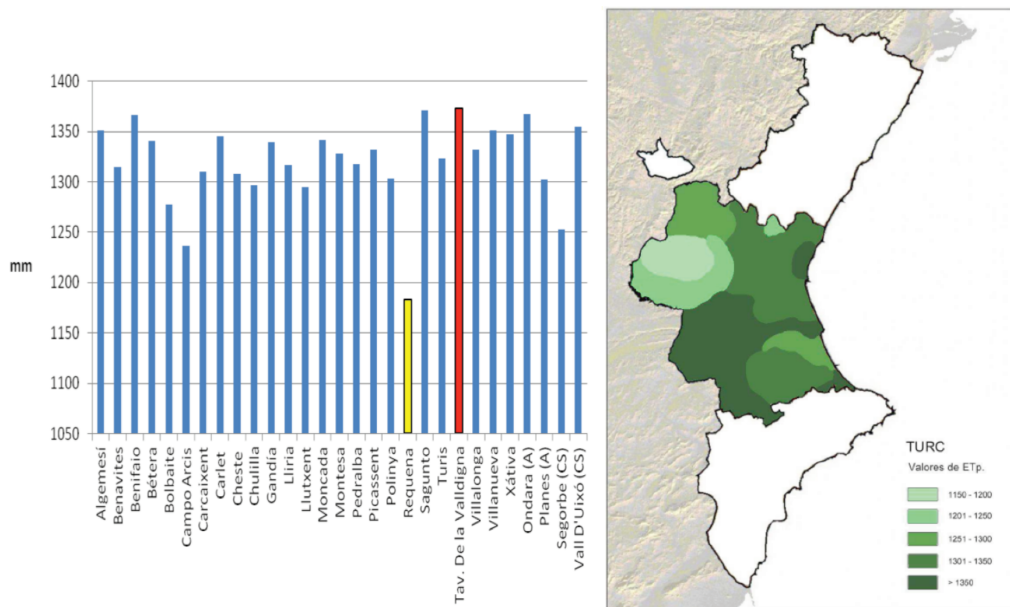


FIG. 3: Valores de evapotranspiración expresados en mm/año (color amarillo: valor mínimo, color rojo: valor máximo) y distribución de rangos utilizando el modelo de Turc. Escala aprox. 1:200.000.

Según este modelo los valores más bajos anuales de evapotranspiración corresponden en la provincia a la estación de Segorbe (1090,1 mm), y los más elevados a la estación de Chulilla (1272,7 mm) de evapotranspiración anual.

El valor medio de evapotranspiración de la totalidad de estaciones estudiadas es de 1193 mm, únicamente superior al obtenido por el método de Thornthwaite.

Por debajo de este valor existen 15 estaciones con un rango entre los 1092 y 1200 mm (Segorbe, Benavides, Planes, Polinya, Gandía, Lliria, Carcaixent, Requena, Bétera, Cheste, Moncada, Villalonga, Picassent, Ondara y Algemesí). Las estaciones de Bolbaite, Montesa, Xàtiva, Villanueva, Llutxent, Turís, Vall D'Uixó, Sagunto, Carlet, Pedralba, Tavernes de la Valldigna, Campo Arcis y Benifaio se encuentran en el rango de 1200 a 1250 mm. Y las estaciones que se encuentran en el rango superior a 1250 mm son Benifaio y Chulilla.

La figura 4 muestra las isóneas de evapotranspiración, para los datos de evapotranspiración según Penman, donde se observa la distribución de los valores de evapotranspiración diferentes a otros métodos. Los valores más elevados de evapotranspiración se obtienen en la comarca de Los Serranos, al norte de la provincia de Valencia; coincidente con otros métodos en la zona de la comarca de la Plana Requena Utiel (rangos entre 1150 y 1250 mm).

Los resultados obtenidos según este modelo indican que la distribución es bastante diferente a la obtenida por el resto de modelos, aunque los rangos de variación son bastante similares a los de Turc.

Realizando el estudio de la distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según el modelo de Penman (figura 4), se observa que los valores de evapotranspiración más elevados

según este autor para la totalidad de las estaciones se localizan en la estación estival, siguiéndole la primavera, la estación otoñal y finalmente el invierno. Los valores de evapotranspiración medios para la estación primaveral corresponden a 332,5 mm, ligeramente superior a los del otoño con 240,3 mm, y con valores muy bajos para la estación invernal 111,2 mm. Se puede observar que los valores de evapotranspiración en verano 509,0 mm, son cinco veces superiores a los del invierno, siendo un poco menos de la mitad los correspondientes a los equinoccios de otoño y primavera.

Estudiando los resultados mensualmente y por estaciones, observamos que en el mes de diciembre se obtienen los valores más bajos de evapotranspiración (889,2 mm) para la suma de los valores de evapotranspiración de la totalidad de las estaciones, y con un valor medio para este mes de 30,6 mm, mientras que los valores medios más altos se producen en el mes de julio (180,4 mm). Siendo los valores totales de evapotranspiración en este mes de julio de 5230,7 mm. Los valores más bajos para el mes de diciembre se producen en la estación de Carcaixent (23,8 mm mensuales) y el valor más alto para el mes de Julio corresponde a la estación de Campo Arcís (196,6 mm).

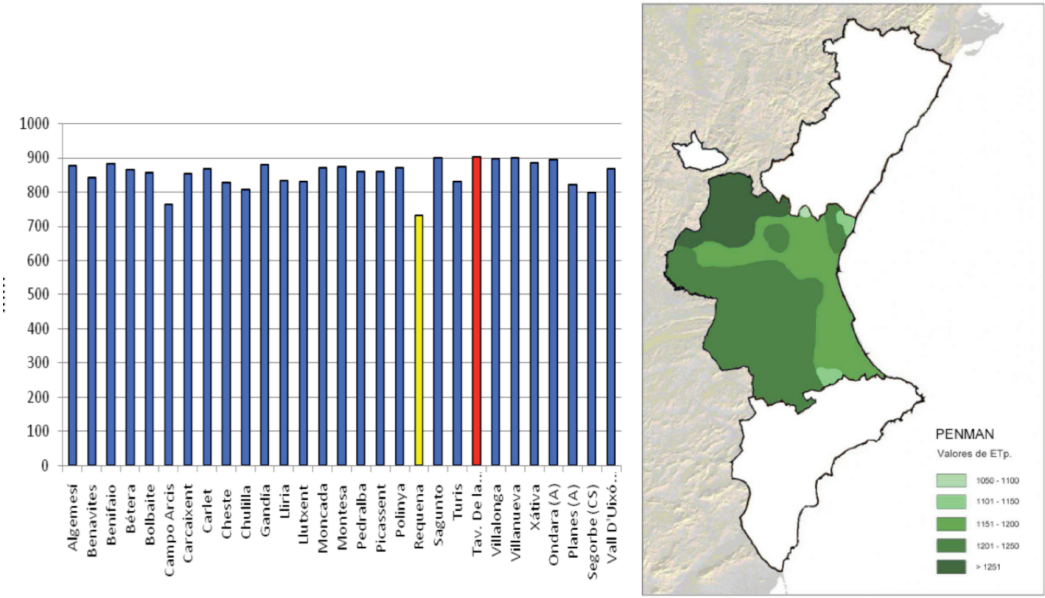


FIG. 4: Valores de evapotranspiración expresados en mm/año (color amarillo: valor mínimo, color rojo: valor máximo) y distribución de rangos utilizando el modelo de Penman. Escala aprox. 1:200.000.

Con la aplicación del modelo de Thornthwaite se obtienen resultados aceptables en zonas húmedas con vegetación abundante, pero las diferencias con respecto al resto de métodos aumentan en zonas áridas o semiáridas donde al comparar los diferentes datos de años utilizados para el estudio la variabilidad es elevada.

Si comparamos los resultados observamos diferencias considerables entre Thornthwaite y el resto de métodos utilizados. Los valores más bajos se han obtenido en todos los casos para los cálculos realizados por el modelo de Thornthwaite, mientras que por el resto de métodos los valores son bastante similares.

Estacional	Thornthwaite	Hargreaves	Turc	Penman
Primavera	175,6	486,2	366,2	332,5
Verano	424,8	690,7	538,01	509,0
Otoño	193,9	352,8	279,6	240,3
Invierno	57,8	185,9	136,2	111,2

TABLA 2: Valores estacionales de evapotranspiración en la provincia de Valencia.

Con el método de Hargreaves es con el que se obtienen los valores más elevados de evapotranspiración. Y aunque la bibliografía consultada indica que el modelo de Turc sobreestima los valores de evapotranspiración, en el caso de la provincia de Valencia es con el de Hargreaves donde se obtienen los valores más elevados.

Esto mismo ocurre con las máximas y mínimas estacionales. En todos los casos los máximos ocurren en la época estival y los mínimos en la invernal, obteniendo valores de evapotranspiración en los equinoccios bastante similares entre sí. En todos los casos el mes donde se obtiene la máxima evapotranspiración estival es el mes de Julio. No obstante, no existe tanta coincidencia en los valores obtenidos para los mínimos invernales de evapotranspiración, produciéndose estos mínimos en el mes de enero para Thornthwaite y Penman, mientras que para Hargreaves y Turc se originan durante el mes de diciembre para las estaciones estudiadas.

Los máximos estivales se encuentran en el rango entre 424 a 690 mm para Hargreaves, y los rangos invernales se encuentran entre 57 mm para el modelo de Thornthwaite, y 111 mm aplicando el método de Penman (tabla 2).

4. CONCLUSIONES

Se han obtenido diferencias considerables entre los valores de evapotranspiración obtenidos por el método de Thornthwaite y el resto de métodos utilizados. No obstante la fórmula de Thornthwaite sobreestima los valores de evapotranspiración según nuestros resultados para los meses de verano, mientras que por el contrario estos valores son más bajos que los obtenidos por el resto de métodos.

Por los métodos de Hargreaves, Penman y Turc se obtienen valores bastante más elevados de evapotranspiración y similares entre sí. Con el método de Hargreaves es con el que se obtienen los valores de evapotranspiración más elevados, así como los valores extremos de evapotranspiración tanto mínimos como máximos. Y aunque según la bibliografía consultada indica que la fórmula de Turc sobreestima los valores de evapotranspiración, en nuestro caso es con la fórmula de Hargreaves con la que se obtienen máximos estacionales.

En todos los casos para todos los modelos utilizados el mes donde se obtiene la máxima evapotranspiración estival es el mes de Julio, no obstante no existe tanta coincidencia en los mínimos invernales de evapotranspiración, produciéndose estos mínimos en el mes de enero utilizando los métodos de Thornthwaite y Penman, mientras que para los valores de evapotranspiración obtenidos según Hargreaves y Turc los mínimos se producen durante el mes de diciembre.

Los mapas correspondientes a las isolíneas de distribución de los valores de evapotranspiración para la provincia de Valencia, se observan diferencias notables en cuanto a la distribución de los rangos de evapotranspiración. Los métodos de Turc, Penman y Hargreaves coinciden en los valores

bajos en la comarca de Requena-Utiel coincidiendo con las máximas elevaciones altitudinales, pero la coincidencia en los valores elevados es muy diferente según modelos. Por el método de Penman los valores más elevados de evapotranspiración se producen en la comarca de Los Serranos, mientras que para Hargreaves y Turc se localizan en la comarca de Ayora- Cofrentes y por el método de Thornthwaite se producen también en Ayora-Cofrentes y en la Ribera concretamente en la zona de Gandia y Tavernes de la Valldigna.

REFERENCIAS

- Beyazgül, M.; Kayam, Y.; Engelsman, F. 2000. Estimation methods for crop water requirements in the Gediz Basin of western Turkey. *Journal of Hydrology*, 229(1-2): 19-26.
- Gocic, M.y Trajkovic, S. 2010. Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data, *Computers and Electronics in Agriculture*, 71(2):158-162
- Hargreaves, G. H.; Allen, R. A. 2003. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation, *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 129(1): 53-63.
- Hargreaves G. H. y Samani, Z. A. (1982). Estimating of potential evapotranspiration. *J. Irrig. Drain. E-ASCE* 108, 223-230.
- MARM. (2012). Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Madrid.
- Penman. H.L. (1956). Evaporation and introductory survey. *Nether. J. Agric. Sci.* 4: 9-30.
- Orgaz, F.y Fereres, E. 2001. Riego. En: *El cultivo del olivo*, 4º ed. Eds. Barranco, Fernández-Escobar, Rallo. Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 285-306.
- Pons, V. y Sánchez, J. (1985). Programa para el cálculo de la ficha climática según Thornthwaite así como la representación gráfica de los resultados. *Comunicación IX Reunión de Bioclimatología*. Almería.
- Thornthwaite C. W. (1948) An Approach toward a Rational Classification of Climate *Geographical Review*, Vol. 38, No. 1. (Jan., 1948), pp. 55-94.
- Samani, Z. 2004. Discussion on History of Hargreaves Evapotranspiration equation. *ASCE Journal* 19. Sentelhas, P. C.; Gillespie, T. J.; Santos, E. A. 2010. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada, *Agricultural Water Management*, 97(5): 635-644.
- Thornthwaite C. W. (1948) An Approach toward a Rational Classification of Climate *Geographical Review*, Vol. 38, No. 1. (Jan., 1948), pp. 55-94.
- Turc. L. (1961). Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise a jour. *Ann. Agron.* 12. p. 13-49.